Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Marburg/Lahn
Direktor: Professor Dr. Hans Fliege

Ueber den Einfluß der Fixierungsmethode von Zahnfilmen innerhalb der Mundhöhle auf die Schärfe des Röntgenbildes.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Walter Bremmer
approb. Zahnarzt aus Bad Wildungen

Marburg a. d. Lahn 1936
Universitäts-Buchdruckerei Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)

Angenommen von der Medizinischen Fakultät Marburg
am 10. Juli 1936

Referent: Dozent Dr. von Reckow
Correferent: Professor Dr. Hans Fliege

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner Mutter
und dem Andenken meines Vaters
gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554421_0201

Die technische Industrie hat in den letzten Jahren für den Zahnarzt Röntgenapparate gebaut, die in Bezug auf Strahlen- und Hochspannungsschutz vollkommen sind. Diese Geräte ermöglichen es, dank der zweckmäßigen Durchkonstruktion ihrer Stativaufbauten eine Röntgenuntersuchung gewissermaßen spielend und mit geringstem Zeitaufwand durchzuführen. Die vereinfachte Bedienung dieser Apparate verleitet dazu, weniger aufmerksam die übrigen für die Aufnahme sonst wichtigen Faktoren zu berücksichtigen, scheinbar einfache Methoden in der Aufnahmetechnik besseren und bewährten Methoden vorzuziehen und sich schließlich mit Ergebnissen zufrieden zu geben, die im Vergleich zu den Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgentechnik den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen können. Es werden dann fehlerhafte und unscharfe Röntgenbilder, die als solche nicht erkannt werden, zur Diagnosestellung herangezogen und die Täuschungsmöglichkeiten dadurch verstärkt; Zufallsbefunde im Nachbargewebe gehen meist ganz verloren. „Ein schlechtes Röntgenbild (aber) hat nicht nur keinen Wert, sondern kann unter Umständen diagnostische Fehler geradezu hervorrufen. Die pathologischen Veränderungen sind ja oft so geringfügiger Natur, daß nur ein ganz fehlerfreies Röntgenbild sie aufzudecken vermag.“ (Dieck.) Wenn man bei der intraoralen Röntgentechnik — und nur von dieser soll in folgender Abhandlung die Rede sein — gegen den Grundsatz von Dieck nicht verstoßen will, so müssen eben eine Reihe unerläßlicher Bedingungen eingehalten werden, die in Folgendem kurz anzuführen sind.

Zur Erzeugung eines einwandfreien Röntgenbildes ist es erforderlich, nachstehende Bedingungen zu beachten:

1. Das Röntgenlicht muß eine bestimmte Härte, d. h. Wellenlänge besitzen.

2. Sekundärstrahlen, die zu Verschleierung des Filmes führen, sind nach Möglichkeit unwirksam zu machen.

3. Bei der intraoralen Röntgenaufnahme gelingt es nur an unteren Molaren, den Film parallel zu den Zahnachsen zu stellen. Eine nicht verzeichnete Aufnahme der übrigen Zähne kann nur entstehen, wenn die günstigen Projektionsbedingungen, wie sie im Cieszynski/Dieck'schen Gesetz festgelegt sind, verwirklicht werden.

4. Auf die Durchführung der entwicklungstechnischen Vorschriften ist sorgsamst zu achten.

Des weiteren sind noch einige Bedingungen von gleicher Wichtigkeit, die besonders die Schärfe eines Röntgenbildes angehen:

5. Eine Röntgenröhre zeichnet um so schärfer, je kleiner ihr Brennfleck ist.

6. Liegt der Brennfleck dazu noch in einer bestimmten, nicht zu gering bemessenen Entfernung vom Objekt, so sind praktisch jene günstigen Verhältnisse, wie sie bei der Parallelprojektion vorliegen, hergestellt.

7. Verbiegungen des Filmes müssen vermieden werden, weil dadurch verzerrte Bilder mit verwaschenen Strukturen entstehen.

8. Die Ruhigstellung des Filmes (und des Patienten) muß während der Exposition sorgsamst gesichert sein, da selbst kleinste Bewegungen des Filmes (oder des Patienten) innerhalb der Belichtungszeit die Schärfe des Bildes herabsetzen müssen.

Besonders die beiden zuletzt angeführten Punkte — Ruhigstellung des Filmes und Vermeiden von Verbiegungen des Filmes — scheinen im Schrifttum und Praxis nicht ausreichend beachtet zu werden und gaben deshalb Anlaß zur Kritik und den folgenden Untersuchungen.

Die Ruhigstellung des Patienten und des Röntgenfilmes wurde schon in der Anfangszeit der Röntgendiagnostik in der Zahnheilkunde recht gewissenhaft durchgeführt. Die Untersuchungen wurden meistens am liegenden Patienten vorgenommen. Außerdem sollten Schlitzbinden, Sandsäckchen und Wattekissen Bewegungen des Patienten während der Exposition verhindern. Die Hand des Untersuchenden — bei einigen Röntgenologen durch Blei- oder dicke Gummihandschuhe gegen Bestrahlung geschützt — oder Filmhalter z. B. von Lubowski (1906), Albrechts (1906), Cieszynski[1]) (1907), Leach, die heute nur noch historische Bedeutung haben, sicherten die Ruhigstellung des Filmes. Mängel, die diesen Methoden anhafteten, führten dann zur Konstruktion neuer Haltevorrichtungen und gaben wahrscheinlich den Anlaß, daß verschiedene Röntgenologen den Film durch einen Finger des Patienten im Munde fixieren ließen.

Port und Peckert vertraten 1909 den Standpunkt, daß Filmhalter zu entbehren sind. Die selbe Ansicht äußerte Leix

1) Schrifttum Nr. 4.

1923: „Nach meinen Erfahrungen sind alle Haltevorrichtungen entbehrlich. Die einfachste Methode ist wohl die, den Film an die gewünschte Stelle andrücken und durch den Finger des Patienten festhalten lassen." Auch Blue 1929 empfielt diese Art, den Film zu fixieren. Waugh läßt ebenfalls den Film durch den zu Untersuchenden selbst festhalten; im Gegensatz zu den unten angeführten Röntgenologen aber im Unterkiefer durch den Daumen, im Oberkiefer mittels des Zeigefingers der kontralateralen Hand. Die meisten Autoren wie Hecht, Ivy, Münzesheimer, Praeger, Meyer, Balters und Palazzi wenden eine Methode an, die Praeger[2]) kurz folgendermaßen schildert: „Der Patient hält in fast allen Fällen (99,9 Proz.) den Film selbst. Filmhalter sind samt und sonders zu entbehren .... Wie wird vom Patienten der Film gehalten? Immer mit der Hand an der Seite, die nicht aufgenommen wird, und zwar im Oberkiefer mit dem Daumen auf der Gaumenfläche des Filmes, im Unterkiefer mit dem Zeigefinger auf der Filmkante oder auf der Zungenfläche des Filmes möglichst weit am Mundboden."

Daß einem solchen Vorgehen allein nicht so recht getraut wird, geht aus der Tatsache hervor, daß Blinkenberg und Gabriel zur besseren Ruhigstellung des Filmes bei Oberkieferaufnahmen den Patienten außerdem auf den haltenden Finger aufbeißen lassen.

Den selben Zweck wollen Möller und Rona dadurch erreichen, daß der Patient den Ellenbogen des haltenden Armes mit der anderen Hand abstützt. Bei Aufnahmen im Oberkiefer lassen Pordes und Scherbel die nicht am Festhalten des Filmes beteiligten Finger der kontralateralen Hand an der nicht bestrahlten Wange bezw. am Nasenrücken abstützen.

Die Fingerfixierungsmethode in ihren verschiedenen Modifikationen ist inzwischen in den Werbeschriften der Röntgenindustrie aufgenommen worden und wird durch Abbildungen in diesen Propagandaschriften dem Praktiker als alleiniges Verfahren anempfohlen.

Andere zahnärztliche Röntgenologen verwerfen jegliche Fixierung des Filmes durch einen Finger des Patienten. 1906 befürwortete Hauptmeyer[3]) „aus Mangel an brauchbaren Filmhaltern", den Film selbst zu fixieren. Später gab er den Eresko-Filmhalter[4]) an und zwar für alle intraoralen Aufnahmen.

---

2) Schrifttum Nr. 31.

3) Schrifttum Nr. 14.

4) Dieser Filmhalter wird im Zahnärztlichen Institut der Universität Marburg in einer großen Zahl von Fällen verwendet.

Zieszynski[5]) hebt neben anderen Vorteilen der Filmhalter besonders hervor, daß der Patient dadurch weniger belästigt wird und deshalb wesentlich ruhiger ist als beim Halten der Platte mit dem Finger. Ähnliche Gründe veranlassen Reinmöller und Burchhart ausschließlich Filmhalter zu verwenden. Die Methode mittels Festhalten des Filmes durch die Hand des Patienten oder durch eine Hilfsperson bezeichnet Hauberrisser[6]) 1926 als „noch nicht ideal". „Dieser Art der Filmhaltung haftet bekanntlich eine Reihe von Nachteilen an, die oft die Ursache ungenügender Grundlagen für eine einwandfreie Röntgenanalyse bilden. Bei den Aufnahmen der Oberkieferzähne bestehen die Schwierigkeiten im wesentlichen darin, daß im Bestreben, den Film unverrückt während der Aufnahme zu halten, dieser zu sehr an den Gaumen gepreßt und dadurch zu stark durchgebogen wird. Das Resultat ist besonders bei den Frontzahnaufnahmen ein nach zwei Ebenen (sagittal und frontal) durchgebogener Film und ein total verzerrtes Abbild der in Frage kommenden Kieferpartie. Die zweite, besonders bei den Aufnahmen der Molaren auftretende Schwierigkeit, der Brechreiz, ist zwar durch ruhige Nasenatmung, in schweren Fällen durch Validol und gegebenenfalls durch Kokain-Pinselung des Velum zu überwinden, erschwert aber das Verfahren wesentlich. Bei den Unterkieferaufnahmen bedeutet die Selbst-Fingerfixierung nicht nur eine erhebliche Unbequemlichkeit der Finger- und Handhabung für den Patienten, sondern sie stellt auch stets nicht unbedeutende Anforderungen an die Selbstbeherrschung des Patienten; denn das Einführen des Filmes bei geöffnetem Munde und dabei gespannter Mundbodenmuskulatur, sowie die nachfolgende Fixierung des Filmes löst notwendigerweise eine mehr oder minder große Schmerzhaftigkeit und außerdem meist einen erhöhten Speichelfluß aus. Die Folge ist fast stets ein Nachlassen des Fingerdruckes auf Film und Mundboden und damit die Gefahr einer mangelhaften, wenn nicht unbrauchbaren Aufnahme". „Von der Heranziehung eines Fingers vom Patienten zum Festhalten des Filmes in der Mundhöhle — so schreibt von Reckow[7]) — muß abgeraten werden mit Rücksicht auf die dabei auftretende Unschärfe des Röntgenbildes".

Auch nach Raper „sollten Filmhalter in allen Teilen des Mundes gebraucht werden".

Andere Autoren erkennen die Schwierigkeit und Gefahren der Fingerfixierung durch den Patienten für den Unterkiefer an und

---

5) Schrifttum Nr. 5.
6) Schrifttum Nr. 12.
7) Schrifttum Nr. 36.

beschreiten daher einen Mittelweg: Für den Oberkiefer überlassen sie es dem Patienten, den Film zu fixieren. Für den Unterkiefer aber empfehlen sie, Filmhalter zu benutzen. (z. B. Kantorowicz.) Pordes verwirft das Aufbeißen auf den haltenden Finger, weil er Gelegenheit hatte, bei willensstarken Individuen tiefe, „viertelstundenlang bleibende Bißnarben" zu beobachten und äußert gegen die Fingerfixation im Unterkiefer: „Neben der Abhängigkeit vom Patienten und der mangelnden Fixation der Mandibula, die einen großen Teil der Bilder durch Verwackeln unbrauchbar, fast alle aber namentlich bei Exposition von mehr als ein bis zwei Sekunden unscharf macht, hat diese Methode den Nachteil des offenen Mundes".

Pordes benutzt daher, und in entsprechender Modifikation nach Pordes auch Parma bei Aufnahmen der unteren Mahlzähne Filmhalter, die den Film bei nahezu geschlossener Zahnreihe fixieren und die deshalb erlauben, den Film tiefer in den entspannten Mundboden hinabzudrücken. Der Verlust von Zähnen und die damit verbundene mangelnde Fixierungsmöglichkeit eines Filmhalters durch den Aufbiß ist nach Simpson die einzige Indikation, auch bei Unterkieferaufnahmen den Film durch den Patienten halten zu lassen.

Der Überblick über die Fixierungsmethoden wäre nicht vollständig, wenn nicht noch einige weniger gebräuchliche Verfahren erwähnt würden. Pfaff 1916 läßt einen Filmhalter, den er sich selbst aus einem Mundspiegel hergestellt hat, von einem Assistenten oder vom Patienten gegen den applizierten Film drücken. Elander, Woert und Nestler benutzen Filmhalter „für das Einstellen der Röntgenstrahlen", die ebenfalls durch einen Finger des Patienten fixiert werden. Für Aufnahmen der Praemolaren und der Molaren des Ober- und Unterkiefers empfiehlt Schindler einen selbst hergestellten Filmhalter aus Holz oder halbweichem Gummi mit abgeschrägter Aufbißfläche. Sollen Aufnahmen von Frontzähnen hergestellt werden, wendet er die Fingerfixation an. (Oberkiefer den Daumen, Unterkiefer den Zeigefinger.)

Diese Übersicht zeigt, wie verschieden die Methoden der Filmfixierung sind und wie weit die Anschauungen einzelner Autoren auseinandergehen. Der Überblick zeigt aber auch, welcher Wert auf eine sichere Fixierung des Filmes gelegt wird. Die Bedeutung, die der Art der Ruhigstellung von Zahnfilmen innerhalb der Mundhöhle für die Bildschärfe zukommt, war Veranlassung zu vergleichenden Untersuchungen in zweierlei Richtung.

Ich habe deshalb im 1. Teil der Arbeit zur Untersuchung der Ruhigstellung des Filmes bei intraoralen Röntgenaufnahmen Ver-

suche mit verschiedenen Fixierungsmethoden angestellt und dabei den Untersuchungen ein einheitliches Verfahren zugrunde gelegt, wie es in diesem Zusammenhange bisher noch nicht herangezogen wurde.

Zum anderen habe ich im 2. Teil der Arbeit den Einfluß der im 1. Teil untersuchten Verfahren auf die Filmpackung hinsichtlich der Begünstigung bezw. der Verhütung einer Durchbiegung ermittelt und deren praktische Bedeutung erörtert.

I. Untersuchung über die Ruhigstellung der Filme bei intraoralen Röntgenaufnahmen.

Technik der Untersuchungen:

Zur Darstellung der gegebenenfalls während der Exposition auftretenden Bewegungen des Filmes schien das graphische Verfahren am geeignetsten zu sein. Es wurde daher eine Apparatur nach dem M a r e y s ' schen Prinzip benutzt, wie sie in der Physiologie zur graphischen Registrierung des Pulses dient. Die Apparatur zeigte den folgenden auf der Abb. 1 schematisch dargestellten Aufbau: Zwei tellerförmige Schüsselchen a und b sind mit je einer Kautschukmembran c_1 und c_2 überspannt und durch einen dünnen Gummischlauch d mit einander verbunden. Auf der einen Membran c_1 ist eine kleine Pelotte e angebracht, welche die zu registrierende Bewegung aufnimmt, sie auf die Membran c_1 und damit auf die Luft in dem System überträgt und so schließlich die zweite Membran c_2 in entsprechende Schwingungen versetzt. Ein Schreibhebel f, der mittels eines feinen Blättchens an dieser Membran angebracht ist, zeichnet die Schwankung auf ein Kymographion k auf. Damit nun auch Bewegungen eines im Munde fixierten Röntgenfilmes i gemessen werden konnten, wurde die Filmpackung mit einem stabförmigen Aluminiumfortsatz g versehen, der beim applizierten Filme gerade noch aus der Mundhöhle herausreichte und vorn ein kleines Näpfchen aus Stentsmasse h trug. Die Rundung des Näpfchens war der Wölbung der Pelotte e genau angepaßt. Es wurde dadurch erreicht, daß alle Bewegungen des Filmes, nicht nur diejenigen in der Richtung des Aluminiumfortsatzes g, sich auf das Registrierungssystem übertragen.

Das bei den Aufzeichnungen die gleichen Bedingungen hergestellt wurden, wie sie für eine intraorale Röntgenaufnahme verlangt werden, muß der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Der Kopf des Patienten erhielt die jeweils übliche Abstützung. Der aufzunehmende Kiefer wurde mit seiner Zahnreihe wagerecht eingestellt.

Als ein empfindlicheres Verfahren, geringe Bewegungen sichtbar zu machen, muß hier eine optische Methode erwähnt werden: Der Aluminiumfortsatz g (Fig. 1) muß dann an Stelle des Stents-

näpfchens einen kleinen Spiegel tragen. Von einer starken Lichtquelle — am besten eignet sich hierzu eine Punktlichtlampe — wird mittels eines verstellbaren Spaltes ein kleines Strahlenbündel herausgeblendet, das den Spiegel in einem spitzen Winkel trifft. Durch geeignetes Zwischenschalten einer Zylinderlinse und einer Sammellinse ist dann zu erreichen, daß das Bild des Spaltes vom Spiegel reflektiert, auf einem Schirm scharf abgebildet wird. Geringe Schwankungen des Filmes und damit des kleinen Spiegels werden starke Ausschläge des Lichtzeigers verursachen, die gegebenenfalls auf photographischem Papier festgelegt werden könnten. Dieses Verfahren war für meine Untersuchungen nicht durchführbar, weil die benötigte Apparatur nicht zur Verfügung stand.

Die Aufgabe bestand in der vergleichenden Untersuchung über die Ruhigstellung von Zahnfilmen innerhalb der Mundhöhle mittels Fixierung durch einen Finger des Patienten und der Ruhigstellung von Zahnfilmen bei Anwendung von Filmhaltern.

Zum Festhalten der Filme in der Mundhöhle kommen nur der Daumen oder der Zeigefinger der rechten beziehungsweise linken Hand in Betracht. Das Abstützen der übrigen Finger der haltenden Hand an der Nase oder an der Wange hatte keinen Einfluß auf die Versuchsergebnisse. Auch das Abstützen des Ellenbogens mit der nicht am Filmhalten beteiligten Hand, wie es in verschiedenen Prospekten der Röntgenindustrie auf Abbildungen gezeigt wird, verursachte keine Verbesserung der Ruhigstellung des Filmes. Es wurde deshalb von einem Patienten meist nur eine Kurve aufgenommen und zwar derart, daß der Patient den Film im Oberkiefer mit dem Daumen und im Unterkiefer mit dem Zeigefinger der kontralateralen Hand festhielt.

Eine zweite Kurve wurde bei Anwendung von Filmhaltevorrichtungen gewonnen. Die Zahnfilmhalter für intraorale Aufnahmen, die durch Aufbeißen auf eine besondere Aufbißfläche im Munde fixiert werden, können in zwei Gruppen zusammengefaßt werden. Die erste Gruppe von Filmhaltern gestattet zufolge der sehr dünn gehaltenen Aufbißfläche, die Zahnreihen fast vollkommen zu schließen. Die andere Gruppe ruft durch die zehn und mehr Millimeter hohe Aufbißfläche eine mehr oder weniger große Sperrung der Kiefer hervor.

Wie durch Vorversuche mit dem Halter nach Parma als einem Vertreter der ersten Gruppe und mit dem Eresko-Filmhalter als einem Vertreter der zweiten Gruppe festgestellt werden konnte, besteht zwischen beiden Gruppen von Filmhaltern in Bezug auf die Ruhigstellung eines Filmes kein wesentlicher Unterschied. Bei meinen Hauptuntersuchungen benutzte ich daher nur den von Hauptmeyer[8]) angegebenen Eresko-Filmhalter.

---

8) Schrifttum Nr. 13.

Auf die oben angeführte Weise wurden 140 Kurven durch das Versuchssystem aufgezeichnet, die nun die Grundlage für das folgende Auswertungsergebnis bilden. Das Kurvenbild (vergl. Fig. 2 und 3) setzt sich zusammen:

1. aus verhältnismäßig wenigen wellenförmigen Schwankungen und
2. aus Zacken, die ganz unregelmäßig in Form und Größe den bogenförmigen Linien in mehr oder weniger großer Zahl aufgesetzt sind.

Die wellenförmigen Schwankungen finden ihre Erklärung in der Atmung des Patienten.

Die Zacken entstehen im wesentlichen durch Vibrieren des beim Filmhalten beteiligten Armes und durch Bewegungen des haltenden Fingers selbst sowie durch willkürliche oder unwillkürliche Zungen- und Schluckbewegungen. Weitere Unruhemomente können durch selbst geringfügige Bewegungen des nicht vollkommen feststellbaren Unterkiefers ausgelöst werden.

Die beiden Kurven wurden von einem 38jährigen Patienten gewonnen. Der Film war dabei für das untere Frontzahngebiet appliziert und wurde einmal vom Patienten mit dem rechten Zeigefinger gehalten (Abb. 3); das andere mal (Abb. 2) fixierte der Hauptmeyerkork den Film.

In der Fig. 3 sind sofort die dicht gedrängten Zacken wahrnehmbar. Erst bei genauer Betrachtung ist zu erkennen, daß auch die wellenförmigen Schwankungen — durch die Atembewegungen des Patienten verursacht — im Kurvenbilde enthalten sind. Diese Bewegungen treten in der Abb. 2 deutlicher hervor, da die frequenten Schwankungen des Filmes, wie sie in der Fig. 3 registriert sind, durch die Anwendung des Filmhalters ganz offensichtlich in weit geringerer Zahl und Größe aufgezeichnet wurden. Aber nicht nur die Zahl und Größe dieser Zacken werden bei der Fixierung des Filmes durch Filmhalter vermindert. Die beiden Abbildungen zeigten deutlich, daß auch die Atemschwankungen in ihrer Größe reduziert werden, wenn ein Halter den Film fixiert. (Die Atemschwankungen sollen weiter unten genauer besprochen werden.)

Noch deutlicher tritt der Unterschied in der Ruhigstellung eines Filmes bei den beiden Fixierungsmethoden hervor, wenn es sich bei den Versuchspersonen um unruhige Patienten z. B. um Kinder handelt. (Vergl. Abb. 4 u. 5, Patient 10 Jahre alt, Film für das untere Frontzahngebiet appliziert.) Dabei zeigen sich, wenn der Film mit einem Finger im Munde fixiert wird (Abb. 5), solche starken Ausschläge in unregelmäßiger Folge, daß

der Einfluß der Atmung im Kurvenbilde nicht mehr sichtbar ist. Bei der Anwendung des Eresko-Filmhalters (Abb. 4) entstehen wellenförmige Schwankungen mit aufgesetzten kleinen Zacken.

Ehe ich nun zur Darstellung der Versuchsergebnisse übergehe, müssen noch drei Punkte untersucht werden:

1. Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis der von mir verwendeten Versuchsapparatur?
2. Welchen Wert kann man als eine Durchschnittsbelichtungszeit einsetzen?
3. Welches Ausmaß müssen die Verschiebungen des Filmes haben, um noch Einfluß auf die Schärfe eines Röntgenbildes gewinnen zu können?

Zu 1: Zur Beantwortung der Frage nach dem Übersetzungsverhältnis wurde ein Nonius derart an der Marey'schen Kapsel (a in Fig. 1) befestigt, daß der bewegliche Backen der Schiebleere die Pelotte berührte. Wurde jetzt der Druck auf die Marey'sche Kapsel dadurch verstärkt, daß durch Verschieben des freien Schenkels der Schiebleere um ablesbare Werte die Pelotte (e) gegen die Gummimembran (c_1) bewegt wurde, so resultierten Zeigerausschläge, die das Übersetzungsverhältnis 1:19 ergaben. Das Übersetzungsverhältnis blieb ebenfalls 1 : 19, wenn der Druck gegen die Pelotte vermindert wurde.

Zu 2: Die Untersuchung der zweiten Frage ist deshalb wichtig, weil verschiedene Teile der Kurven allmählich ansteigen bezw. abfallen (z. B. die Atemschwankungen) und erst nach einem gewissen Zeitablauf den höchsten bezw. tiefsten Punkt erreichen. Ist die Belichtungszeit nun kürzer als der Ablauf einer langsam verlaufenden Schwankung, so kann eine solche nicht als Verwackelung gerechnet werden. Nach der Durchsicht der Belichtungstabellen für die verschiedensten Röntgenapparate, die der Zahnarzt gebraucht, habe ich als eine Durchschnittsbelichtungszeit 2 Sekunden ermittelt. Der Wert liegt für höchstempfindliche Filme und bei auf die Haut aufgesetztem Tubus niedriger. Befindet sich der Brennfleck aber 20—35 cm oder noch etwas weiter vom Objekt entfernt — auf die Vorteile solcher Aufnahmeanordnung hat von Reckow[9]) in der letzten Zeit wieder hingewiesen — oder werden feinkörnige Kodak-Filme A und AD oder Bite-Wingfilme benutzt, so erhöht sich die Belichtungszeit, so daß unter Berücksichtigung solcher Fälle eine Belichtung von 2 Sekunden als ein Durchschnittswert angesehen werden kann.

Die Trommel des Kymographions drehte sich bei meinen Versuchen in 240 Sekunden einmal um ihre Achse; der Zeiger legte

9) Schrifttum Nr. 38, Nr. 37.

dabei einen Weg von 50 cm zurück. Einer Belichtungszeit von 2 Sekunden entspricht demnach eine Kurvenstrecke von 0,42 cm. Schwankungen des Filmes, die im Kurvenbilde die Länge von 0,42 cm nicht überschreiten, werden bei der angenommenen Durchschnittsbelichtungszeit von 2 Sekunden einen Einfluß auf die Schärfe des Bildes ausüben können, sofern die Exposition hiermit zusammenfällt.

Zu 3: Die Frage, welche Verschiebung des Filmes noch als Verwackelung berücksichtigt werden muß, war nur durch eine neue Versuchsreihe zu lösen:

Ein Nonius wurde unter der Röntgenröhre unbeweglich angebracht und auf dem verschieblichen Schenkel des Meßinstrumentes ein Röntgenfilm geklebt. Dazu wurde ein feinmaschiges Drahtnetz in einem Winkel befestigt, wie er praktisch zwischen Zahnfilm und Objekt vorkommt. Das Drahtnetz stellte dabei eine Objektebene dar. Der Zentralstrahl wurde entsprechend dem bei Zahnfilmaufnahmen zu befolgenden Projektionsgesetz von Cieszynski/Dieck senkrecht auf der Winkelhalbierenden vom Film und Netz eingestellt. (Vgl. Fig. 9.) Der Film wurde jetzt belichtet, dann der bewegliche Schenkel des Nonius und damit der Film um ablesbare Werte verschoben und schließlich der Film ein zweites Mal belichtet. Nach derselben Methode wurde noch eine zweite Versuchsreihe durchgeführt. An die Stelle des Drahtnetzes setzte ich aber verschiedene Zähne mit Metallfüllungen oder im Röntgenbilde sichtbaren Wurzelfüllungen.

Die Aufnahmen zeigten mit unbewaffnetem Auge noch deutlich ein doppeltes Netzsystem, wenn der Film um 0,3 mm verschoben worden war. Auch in den Bildern der zweiten Versuchsreihe waren Bewegungen des Filmes um 0,3 mm ohne weiteres sichtbar. Füllungen in den durchleuchteten Zähnen, die Pulpenkammern zeigten doppelte Begrenzungslinien. Wurde der Wert der Filmverschiebung auf 0,2 mm herabgesetzt, so war eine Verwackelung mit doppelten Strukturen auch bei Betrachtung mit einer Lupe nicht mehr sichtbar. Aber die etwas verbreiterten Netzlinien der Drahtgitterbilder deuteten darauf hin, daß eine Filmverschiebung um 0,2 mm während der Belichtungszeit ein Röntgenbild nachteilig beeinflussen und besonders die feineren Strukturen in der Schärfe herabsetzen kann.

Zum Ausmessen der Kurvenausschläge diente ein schmaler Pappstreifen, auf dem die Strecken von 3,8, 5,7, 9,6 mm usw. abgetragen waren, also die Werte, die nach dem Übersetzungsverhältnis der Apparatur umgerechnet, Filmverschiebungen von 0,2, 0,3, 0,4 mm usw. ausmachen. Bei der Auswertung der Kurven wurden jedoch nur die Zacken berücksichtigt, die entsprechend einer Belichtungszeit von 2 Sekunden die Kurvenlänge von

0,42 cm nicht überschreiten und die eine Filmverschiebung von mindestens 0,2 mm ergeben.

Um das Ausmaß der Verwackelungen aus allen Kurven miteinander vergleichen zu können, wurde von jeder Kurve die Zahl der Verwackelungen für einen Zentimeter Länge berechnet und zwar für Fingerfixation einerseits und für Fixation des Filmes durch Filmhalter andererseits. Ein Beispiel einer solchen Berechnung soll an den Kurvenausschnitten Abb. 6 und 7 durchgeführt werden. Der Film wurde im ersten Falle bei einem 8jährigen Patienten im Bereich der unteren Frontzähne angelegt und vom Patienten selbst mit dem Zeigefinger der rechten Hand gehalten. (Abb. 6.) Im anderen Falle (Abb. 7) diente ein Eresko-Filmhalter zum Festhalten des Filmes.

Vom Punkte a Abb. 6 bis zur höchsten Spitze c hat sich die Trommel des Kymographions um nahezu 8 mm weiter bewegt, es ist also eine Zeit von ungefähr 4 Sekunden verstrichen. Da wir aber als Durchschnittsbelichtungszeit nur zwei Sekunden angenommen haben, so kann der ganze Ausschlag a—c nicht als Verwackelung gerechnet werden; wohl aber die Zacke von a bis zum Teilhöhepunkte b. Entsprechend dem Übersetzungsverhältnis 1 : 19 umgerechnet, bedeutet dieser Kurvenausschlag a—b eine Filmverschiebung von 0,4 mm.

Die beiden in Abb. 6 und Abb. 7 wiedergegebenen Kurventeile von je 2,2 cm Länge zeitigen, auf diese Weise weiter ausgemessen, folgendes Ergebnis:

Fixierungsmethode

Finger		Filmhalter	
Verwackelungen auf 2,2 cm Kurvenlänge		Verwackelungen auf 2,2 cm Kurvenlänge	
Anzahl	Größe	Anzahl	Größe
0	0,2 mm	8	0,2 mm
0	9,3 mm	2	0,3 mm
4	0,4 mm	1	0,4 mm
2	0,5 mm	0	0,5 mm
4	0,6 mm	0	0,6 mm
1	1,2 mm	0	1,2 mm

Auf 2,2 cm Kurvenlänge kommen demnach bei beiden Fixierungsmethoden je 11 Verwackelungen von 0,2 mm bis 1,2 mm. Während beim Verfahren mit „fingerfixiertem" Film die Zahl der Verwackelungen von 0,3 mm bis 1,2 mm noch dieselbe geblieben ist, nämlich 11, ist sie auf 3 gesunken bei Anwendung des Filmhalters. Bei Filmverschiebungen von 0,4 mm bis 1,2 mm stehen 11 Verwackelungen, wenn der Film vom Patienten selbst gehalten wird, nur 1 Verwackelung bei korkfixiertem Filme

gegenüber. Werden diese Verwackelungszahlen noch durch 2,2 dividiert, so ergeben sich dadurch die Zahlen der Verwackelung für einen Zentimeter Kurvenlänge.

Diese Werte, die aus allen 140 Kurven errechnet wurden, sind in den folgenden Tabellen A_1 A_2 B_1 B_2 niedergelegt und ausgewertet worden. Die Tabellen A_1 und A_2 betreffen Patienten unter 15 Jahren. (A_1 Oberkiefer, A_2 Unterkiefer.) Die Tabellen B_1 und B_2 betreffen Patienten über 15 Jahren. (B_1 Oberkiefer, B_2 Unterkiefer.) Am Fuße jeder Tabelle sind zur Erleichterung des Überblickes dann noch 1. die Durchschnittswerte der in der darüber befindlichen Spalte stehenden Verwackelungszahlen berechnet und 2. aus diesen Durchschnittswerten die Verwackelungsverminderung bei Anwendung von Filmhaltern in Prozenten bestimmt worden.

Die Tabellen lassen erkennen, daß für den Unterkiefer im Verhältnis zum Oberkiefer eine erhebliche Steigerung der Unruhe besteht sowohl in der Zahl der Verwackelungen als auch in ihrer Größe.

Bei älteren Patienten und fingerfixiertem Film ergibt sich für den:

1. Oberkiefer (Tab. B_1): Die Verwackelungszahl ist verhältnismäßig gering. (Durchschnittszahl der Verwackelungen für 1 cm Kurvenlänge = 1,27.)

2. Unterkiefer (Tab. B_2): Hier muß, wenn der Film 2 Sekunden lang belichtet wird, mit mindestens einer Verwackelung gerechnet werden. (Durchschnittszahl der Verwackelungen für 1 cm Kurvenlänge = 2,00.)

Bei jugendlichen Patienten liegen die Bedingungen ungünstiger als beim Erwachsenen. Es ergibt sich für den:

1. Oberkiefer (Tab. A_1): Durchschnittlich alle 2 Sekunden tritt je eine Verwackelung auf. (Durchschnittszahl der Verwackelungen für 1 cm Kurvenlänge = 2,28.)

2. Unterkiefer (Tab. A_2): Es treten bei der Durchschnittsbelichtungszeit von 2 Sekunden sogar je zwei Verwackelungen ein. (Durchschnittszahl der Verwackelungen für 1 cm Kurvenlänge gleich 3,95.) Selbst für Filmverschiebungen von 0,3 mm und mehr liegt diese Durchschnittszahl noch über 2,00. Alle 4 Sekunden muß bei den Unterkieferaufnahmen von jugendlichen Patienten sogar mit einer Verwackelung von der Größe 0,4 mm (!) gerechnet werden.

Tabelle A 1

Patienten 15 Jahre und jünger. Oberkiefer

Filmverwackelungen (Zahl der Verwackelungen je Zentimeter Kurvenlänge)

Fall	Alter des Patienten	von 0,2 mm und mehr Fixierung mit		von 0,3 mm und mehr Fixierung mit		von 0,4 mm und mehr Fixierung mit		von 0,7 mm und mehr Fixierung mit	
		Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter
1.	7	3,2	3,1	2,7	1,7	1,8	0,7	1,0	0,0
2.	7	2,8	1,7	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
3.	8	1,6	1,0	0,7	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0
4.	8	5,4	4,5	4,9	3,7	3,0	2,1	2,2	0,2
5.	8	1.5	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,o	0,0
6.	11	1,7	0,5	0,3	0,0	0,0	0.0	0,0	0,0
7.	12	1,0	1,1	0,6	0,2	0,3	0,0	0,2	0,0
8.	15	1,0	0,5	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Durchschnitts-Zahl d. Verw. /cm KL.		2,28	1,60	1,40	0,83	0,66	0,36	0,42	0,02
Verw Ersparnis bei Filmhalter in %		30 %		40 %		48 %		95 %	

Tabelle A 2

Patienten 15 Jahre und jünger. Unterkiefer

Filmverwackelungen (Zahl der Verwackelungen je Zentimeter Kurvenlänge)

								von 0,8 mm. u. mehr usw	
1.	7	3,8	2,8	2,2	1,5	1,1	0,4	0,2	0,0
2.	8	4,8	4,4	4,5	3,1	3,5	2,6	1,1	0,1
3.	8	6,2	3,1	4,0	0,3	0,2	0,0	0,5	0,0
4.	8	5,5	7,9	2,4	2,7	1,2	0,1	0,5	0,0
5.	8	6,0	2,7	4,0	0,9	0,7	0,0	0,4	0,0
6.	10	3,7	1,4	2,3	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0
7.	11	1.3	0,3	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
8.	14	3,0	2,6	1,2	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0
9.	15	2,2	1,6	0.9	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0
10.	15	2,8	0,8	1,6	0,2	0,9	0,1	0,1	0,0
11.	15	4,2	2,8	2,7	1,2	1,3	0,4	0,1	0,0
Durchschnitts-Zahl der Verw. /cm KL.		3,95	2,76	2,40	1,06	1,16	0,32	0,27	0,01
Ersparnis durch Filmhalter in %		30 %		56 %		72 %		97 %	

Tabelle B 1

Patienten 16 Jahre und älter. Oberkiefer

Filmverwackelungen (Zahl der Verwackelungen je Zentimeter Kurvenlänge)

Fall	Alter des Patienten	von 0,? mm und mehr Fixierung mit		von 0,3 mm und mehr Fixierung mit		von 0,4 mm und mehr Fixierung mit		von 0,5 mm und mehr Fixierung mit	
		Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter
1.	18	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.	22	1,9	0,3	1,2	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
3,	22	1,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.	23	1.4	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.	23	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.	24	1,5	1,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
7.	25	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8,	25	0,8	0,0	0.2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
9.	32	1,8	2,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10.	38	1,9	0,3	0,4	0,0	0.1	0,0	0,1	0,0
Durchschnitts-Zahl d. Verw. /cm KL.		1,27	0,43	0,35	0,03	0,07	0,00	0,04	0,00
Ersparnis durch Filmhalter in %		66 %		91 %		100 %		100 %	

Tabelle B_2

Patienten 16 Jahre und älter. Unterkiefer

Filmverwackelungen (Zahl der Verwackelungen je Zentimeter Kurvenlänge)

Fall	Alter des Patienten	von 0,2 mm und mehr Fixierung mit		von 0,3 mm und mehr Fixierung mit		von 0,4 mm und mehr Fixierung mit		von 0,5 mm und mehr Fixierung mit	
		Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter	Finger	Filmhalter
1.	17	1,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
2.	18	1,8	1,1	1,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0
3,	20	1,9	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.	22	2,1	1,0	0,7	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
5.	22	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
6.	23	3,6	2,5	1,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0
7.	24	2,2	2,2	0,7	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
8.	25	0,5	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
9.	26	1,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10.	26	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
11.	26	3,9	1,2	1,7	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
12.	27	2,5	1,4	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
13.	27	1,4	0,9	0,8	0,3	0,4	0,1	0,0	0,0
14.	28	2,9	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15.	28	2,7	1,1	2,5	0,7	1,5	0,1	0,5	0,0
16.	32	2,1	0,3	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
17.	35	2,0	1,6	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
18.	35	2,8	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19.	38	6,2	0,8	1,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0
20,	44	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21.	53	1,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22.	57	0,5	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Durchschnitts-Zahl d. Verw. /cm KL.		2,00	0,80	0,64	0,10	0,19	0,02	0,05	0,00
Ersparnis durch Filmhalter in %		60 %		84 %		90 %		100 %	

Bei der Anwendung des Eresko-Filmhalters tritt also beim Erwachsenen wie auch bei Jugendlichen sowohl im Oberkiefer wie auch im Unterkiefer eine erhebliche Verminderung der Verwackelungen nach Anzahl und Größe ein. Die größeren Ausschläge verschwinden bei Anwendung der Filmhalter überhaupt gänzlich, d. h., es tritt, was die Ruhigstellung angeht, eine Verbesserung bis zu 100 Prozent in Erscheinung.

Diese Feststellung läßt es also durchaus als ratsam erscheinen, von der Verwendung von Filmhaltern entgegen der vielfach verbreiteten Meinung nicht abzusehen. Die Ergebnisse stützen die Angaben derjenigen Autoren, die für die Verwendung von Filmhaltern eintreten.

Wenn auch bei älteren Patienten und Aufnahmen im Oberkiefer die Gefahr der Verwackelung nur ganz gering ist, somit auf Filmhalter verzichtet werden könnte, so muß dennoch von diesem Vorgehen abgeraten werden, denn es treten dabei wieder andere Fehler auf, die im zweiten Teil der Arbeit behandelt werden. (Vgl. S. 21.)

Für die Übertragung der Ergebnisse aus den Kurven auf die Praxis ist es wichtig zu wissen, wie lange der Patient den Film im Munde halten muß, bis die Exposition erfolgt, also bis Einbringen des Filmes, Hände waschen, Einstellen der Röhre beendet sind. Weiter ist in diesem Zusammenhange von Bedeutung, ob einzelne Abschnitte der Kurven besonders wenige Verwackelungen oder aber eine gesteigerte Anzahl Verwackelungen zeigen. Untersuchungen in dieser Richtung ergaben, daß die Größe der Ausschläge in den Anfangsteilen der einzelnen Kurven keinen gleichmäßigen Veränderungen unterlag. Erst wenn die Zeit der Registrierung über drei Minuten ausgedehnt wurde, konnte in den Kurvenbildern eine Zunahme der Verwackelungen nachgewiesen werden. Diese Kurvenabschnitte der gesteigerten Unruhe, die durch Ermüdungserscheinungen der am Filmhalten beteiligten Arme oder Kiefer bedingt sind, haben keine Bedeutung für die Praxis, da die Exposition wohl in allen Fällen vor einem Ablauf von drei Minuten, vom Einbringen des Filmes an gerechnet, erfolgt ist. Die graphischen Registrierungen wurden daher höchstens auf eine Versuchszeit von jedesmal zwei Minuten ausgedehnt.

Am Schluß der Ausführungen über die Bewegungen von Röntgenfilmen innerhalb der Mundhöhle muß noch kurz auf den

Einfluß des Schluckens und des Atmens

in Bezug auf Verwackelungsmöglichkeiten eingegangen werden.

Eine Durchsicht des Kurvenmaterials nach Störungen, die durch unwillkürliche Schluckbewegungen entstanden und sich in der Kurve als Zacken manifestierten, zeigte, daß sogar für den im Oberkiefer fixierten Film Kurvenausschläge resultierten, die selbst bei älteren Patienten einer Filmbewegung bis zu 2 mm entsprechen. Die Festlegung des Filmes durch einen Eresko-Filmhalter macht sich nun nach zwei Richtungen hin bemerkbar:

1. wird die Zahl der Reflexe herabgesetzt und zwar um ungefähr ¼ [10]);

2. erscheinen die Schluckbewegungen im Kurvenbild gedämpft. Bestehen sie bei fingerfixierten Filmen aus 3—5 einzelnen Zacken bis zu 38 mm Höhe, so sehen wir bei den verschiedenen Patienten und bei Benutzung eines Filmhalters meist nur eine Schluckzacke, welche die Höhe von 7 mm nur selten überschreitet.

Der Einfluß der Atmung auf die Bewegung von Röntgenfilmen innerhalb der Mundhöhle war so gleichmäßig, daß die Untersuchung dieser Auswirkung auf 20 Patienten beschränkt werden konnte. Wie auf S. 9 in Verbindung mit der Abb. 2 u. 3 schon gezeigt wurde, stellen die Atemschwankungen im Kurvenbilde mehr oder weniger gleichförmige Wellenlinien dar. Die Ursache hierfür ergibt sich aus der Tatsache, daß der Oberkörper sich im Rhythmus der Atemzüge auf und nieder bewegt. Ist der Film mittels einer Haltevorrichtung durch Aufbiß im Munde fixiert, so müssen sich durch die Auswirkungen der Atmung Objekt, Filmhalter und Film immer gleichmäßig bewegen. Eine Einzelbewegung des Filmes im Sinne von Verwackelung liegt hierbei nicht vor.

Wird nun aber der Film durch einen Finger des Patienten fixiert, so liegen die Verhältnisse nicht mehr so eindeutig. Die Übertragung der Atembewegungen auf den haltenden Arm, der bei Oberkieferaufnahmen oft sogar an den Brustkorb angelegt wird, ist eine stärkere als sie auf den Kopf des Patienten mit dem applizierten Film stattfindet. Es besteht dadurch die Wahrscheinlichkeit, daß sich Film und Objekt gegeneinander verschieben und daß auf diese Weise sehr leicht unscharfe Aufnahmen entstehen können. Die Untersuchungen, wie weit ein solches Gegeneinanderschieben von Film und Objekt durch die Atembewegung vorliegt, würden im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen. Ich habe mich lediglich darauf beschränkt, die Größe der „Atemschwankungen" im Kurvenbilde zu untersuchen und zwar besonders bei vertiefter Atmung, wie sie zur Brechreizbekämpfung von verschiedenen

10) Schrifttum Nr. 33.

Röntgenologen (z. B. Hauberrisser[11]) und Praeger[12]), anempfohlen wird. Da nun Raper die Patienten auffordert, den Atem während der Exposition anzuhalten, wurden die Versuche folgendermaßen durchgeführt:

Nach einer kurzen Versuchszeit, die den Einfluß der normalen Atmung auf die Filmbewegung zeigen sollte, wurde der Patient jedesmal aufgefordert, einige Male tief ein- und auszuatmen und dann für einen Moment den Atem anzuhalten. Schließlich endete der Versuch nach einigen normalen Atemzügen. Auf diese Weise ließ ich von jedem Patienten 2 Kurven aufzeichnen:

Einmal fixierte der Eresko-Filmhalter den Film.

Für die Registrierung der zweiten Kurve wurde die „Selbst-Fingerfixierung“[13]) angewendet.

Die Fig. 8 stellt den Typus einer solchen „Atemkurve“ dar. Sie wurde an einem 28jährigen Patienten aufgenommen. Der Film war dabei im Molarenbereich des linken Oberkiefers angelegt und wurde vom Patienten mit dem Daumen der rechten Hand fixiert.

Nach zwei normalen Atemzügen (Abschn. a) steigt und fällt die Kurve stark im Rhythmus der vertieften Ein- bezw. Ausatmung (Abschn. b), um in der folgenden Versuchsperiode bei verhaltener Atmung (Abschn. c) nur unbedeutende Schwankungen zu zeigen. Eine zusetzliche Einatmung (Abschn. e) leitet schließlich zur Registrierung bei normaler Atmung über. (Abschn. d.) Das Kurvenbild verläuft jetzt 1,4 cm über der ursprünglichen Nullinie, weil sich durch die forcierte Atmung die Stellung des Kopfes zur Pelotte der Versuchsapparatur geändert hat. Wenn man jetzt aus den gesamten Atemkurven die Ausschläge bei dem verschiedenen Verhalten der Atmung ausmißt und daraus die Durchschnittswerte der Filmschwankungen errechnet[14]), so läßt sich das Versuchsergebnis in Form der folgenden Tabelle festlegen:

Durchschnittswerte
der Filmschwankungen in mm

Fixierungsmethode	Atmung normal	Atmung tief	Atmung verhalten
Eresko	0,12	0,45	0,04
Finger	0,26	0,62	0,10

11) Schrifttum Nr. 12.

12) Schrifttum Nr. 31.

13) Ich halte mich hier an die von Hauberrisser 1925 gegebene Bezeichnung des Verfahrens, wenn man es dem Patienten überläßt, den Film mittels eines Fingers in der Mundhöhle selbst festzuhalten.

14) In der nachstehenden Tabelle sind also nicht die Kurvenausschläge, sondern — entsprechend dem Übersetzungsverhältnis 1 : 19 (siehe S. 10) umgerechnet — die Bewegungen des Filmes in mm festgelegt.

Bei fingerfixiertem Filme führt auch das normale Atmen zu Bewegungswerten, die im Röntgenbilde sichtbare Verwackelungen ergeben können. (Durchschnittswert der Filmschwankungen gleich 0,26 mm.) Ist der Film mittels eines Halters im Munde fixiert, so liegen die Durchschnittswerte der Filmbewegungen unter 0,2 mm. Diese Schwankungen sind also so unbedeutend, daß sie sicher keinen Einfluß auf die Schärfe eines Röntgenbildes ausüben. In allen Fällen tritt mit der vertieften Atmung eine beträchtliche Steigerung der Filmbewegung ein, die je nach der Fixierungsmethode des Filmes Durchschnittswerte von 0,45 bezw. 0,62 erreichen. Diese Verwackelungswerte liegen so hoch, daß hierdurch eine Herabsetzung der Bildschärfe resultieren muß, auch wenn nach den Überlegungen, wie sie S. 18 ausgeführt wurden, wahrscheinlich nicht die ganze Filmbewegung als ausgesprochene Verwackelung gerechnet werden kann.

Die dritte senkrechte Spalte der Tabelle zeigt, wie stark die Filmbewegung durch das Anhalten des Atems vermindert wird. Diese Verwackelungswerte sind sogar bei der Selbst-Finger-Fixierungsmethode praktisch gleich Null. Es wäre auf Grund dieser Versuchsergebnisse zu erwägen, ob nicht mit Raper die Forderung aufzustellen ist, daß die Patienten während der Exposition den Atem anhalten sollen.

Es muß nach diesen Untersuchungen dringend davon abgeraten werden, zur Brechreizbekämpfung die Patienten während der Exposition tief atmen zu lassen, da die Schärfe des Röntgenbildes bei einem solchen Vorgehen herabgesetzt werden muß. Bei auftretendem Brechreiz empfiehlt es sich daher, ein Verfahren anzuwenden, das am Marburger Zahnärztlichen Institut durch von Reckow seit langem geübt wird. Der Film wird in diesen seltenen Fällen mit Vaseline [15]) bestrichen und nun appliziert. Dieses einfache Mittel hat bei den Patienten, die ich röntgenologisch untersucht habe und bei denen sich durch das Einführen des Filmes Brechreiz zeigte, immer zum Ziel geführt. (Nähere Angaben über diese Methode der Brechreizbekämpfung bei intraoralen Röntgenaufnahmen habe ich in der Literatur nicht gefunden.)

15) Einfettungspaste für Abdruckmassen der Byk-Guldenwerke.

II. Untersuchungen über den Einfluß von Durchbiegungen der Filmpackung auf die Schärfe des Röntgenbildes.

Nach den Projektionsgesetzen, die allgemein auch für intraorale Aufnahmen gelten und im Cieszynski/Dieck'schen Gesetz eine auf Alveolarfortsatz und Zähne zugeschnittene Modifikation erfahren haben, ist es offensichtlich, daß Form und Größe der Objektteile den Formen und Größen der zugehörigen Bildpartien nur dann entsprechen können, wenn auf eine plane Projektionsebene Bedacht genommen wurde. Andernfalls machen sich schwerwiegende Nachteile einer nicht plan liegenden Projektionsebene geltend, die sich, je nach dem, ob es sich dabei um Biegung der Filmebene in der Höhe, in der Breite oder um Beides handelt, wechselnd auswirken. Allgemein äußert sich Praeger[16]) hierzu wie folgt: „Ein ganz häufiger Kardinalfehler ist die Biegung des Filmes beim Anlegen. Ein gebogener Film muß ein Zerrbild zeigen." Parma schreibt dazu: „Die Verzeichnung durch Filmlage bei gebogenem Film läßt sich nicht korrigieren, und deshalb biegen wir prinzipiell niemals den Film." Hauberrisser[17]), Hecht und Raper weisen unter anderem im zahnärztlichen Schrifttum ebenfalls auf die Nachteile hin, die durch einen gekrümmten Film entstehen und vermeiden es, die „Oberfläche des Filmes" zu wölben.

Die Möglichkeit einer Durchbiegung der Filmebene in der Höhe liegt besonders nahe bei Röntgenaufnahmen im Oberkiefer, wo die Wölbung des Gaumens beim Einführen des Filmes leicht eine Krümmung desselben herbeiführen kann. Wird nämlich der Film der aufzunehmenden Kieferpartie (am Gaumen) angelegt und der Patient aufgefordert, den Film mit dem Daumen oder dem Zeigefinger „anzudrücken" (Balters, Cieszynski[18]), Leix, Hecht, Münzesheimer, Reinmöller/Burchhart, Schindler) oder den Film mit einem Finger so zu halten, daß er dem Gaumen „fest anliegt" (Hauptmeyer)[19]), dann resultiert bei solchen Vorgehen nichts anderes als eine durchgebogene Projektionsebene. Das Röntg-

16) Schrifttum Nr. 31.
17) Schrifttum Nr. 11 und Nr. 12.
18) Schrifttum Nr. 5.
19) Schrifttum Nr. 13.

genogramm ergibt eine verzerrte, verlängerte Abbildung z. B. von Wurzeln und des Nachbargewebes; es entstehen „Lachkabinettverzerrungen" nach Pordes. Aber auch bei der Anwendung eines Filmhalters z. B. des Hauptmeyer-Korkens kann sich ein solcher Fehler einschleichen, wenn man nicht von vorn herein auf seine Verhütung, die hier ohne weiteres möglich ist, achtet. Um in den Fällen einer unvermeidlich erscheinenden Verbiegung der Filmebene dennoch eine unverzerrte Darstellung des apikalen Bereiches zu erzielen, kann man nach dem Beispiel von Cieszynski[20]) den Einfallwinkel des Zentralstrahles überhöhen. Dabei muß dann allerdings eine Verkürzung des Zahnes in Richtung zur Krone mit in Kauf genommen werden.

Eine Durchbiegung der Filmebene hauptsächlich in der Breite tritt auf im Oberkiefer- und Unterkieferfrontzahngebiet. Sie wird verursacht durch die Rundung des Zahnbogens. (Bisweilen tritt noch eine Biegung des Filmes in der Höhe hinzu.) Dann gelingt es meist nur, zwei Zähne nebeneinander unverzerrt abzubilden. Schon das Nachbargewebe zu beiden Seiten zeigt auf dem Bilde in die Breite verzerrte Formen und solche verwaschenen Strukturen, daß irgend ein Befund in diesen Partien nicht erhoben werden kann, oder aber, wenn er angedeutet ist, eine besondere Röntgenaufnahme erfordert.

So werden bei der Aufstellung des Röntgenstatus eines gesamten Gebisses von vielen Autoren (u. a. Raper, Balters) nur zehn Aufnahmen angefertigt, während andere Autoren (z. B. Praeger)[21]) elf (oder zwölf) Aufnahmen für nötig erachten. Die Differenz entsteht dadurch, daß diese Röntgenologen, um Verzerrungen zu vermeiden, von dem oberen Frontzahngebiet an Stelle einer Aufnahme zwei machen, die mit ihren medialen Begrenzungslinien an der Mittellinie des Oberkiefers zusammenstoßen.

Ferner kommt noch als ein weiterer Nachteil der Abbildung auf einen gebogenen Film hinzu, daß Kontrollaufnahmen, d. h. die Wiederholung von vorausgegangenen Röntgenaufnahmen unter den gleichen Aufnahmedaten, an Zuverlässigkeit zu wünschen übrig lassen, weil in einem Falle die Biegung weiter oben und im zweiten Falle weiter unten liegen kann. Je nach solcher Wölbung des Filmes werden wechselnde Teile der Objekte vergrößert oder verkleinert wiedergegeben, so daß über Formveränderungen eines zu kontrollierenden Krankheitsherdes durch Vergleich verschiedener Aufnahmen nichts genaues ausgesagt werden kann. Damit ist eine solche Kontrollaufnahme nicht nur zwecklos, sondern sie kann sogar einen falschen Befund vortäuschen.

---

20) Schrifttum Nr. 6.
21) Schrifttum Nr. 32.

Da nun eine ganze Reihe von Autoren glauben, auf Filmhalter verzichten zu können, andererseits aber eine weitere Gruppe von Autoren mit durchaus anzuerkennender Begründung für die Verwendung von Filmhaltern eintreten, schien es geboten, die durch Verbiegung des Filmes auftretenden Verzerrungen auf ihr Ausmaß hin zu prüfen.

Zur Darstellung der Verzerrungen dienten Untersuchungen in zweierlei Richtung:

1. wurden einfache Versuche mit gebogenen Filmpackungen an einem Modell durchgeführt,

2. wurden bei ungefähr 50 Patienten jedesmal im Oberkiefer vom selben Objekt unter den gleichen Aufnahmedaten zwei Röntgenbilder hergestellt, die Filme jedoch nach verschiedenen Verfahren in der Mundhöhle fixiert. Zur ersten Aufnahme hielt der Patient den Film während der Belichtungszeit selbst. Bei den Kontrollaufnahmen aber wurden die Filme nicht gewölbt von einem Filmhalter im Munde fixiert.

1. Studien der Bildverzerrungen an Modellversuchen.

Da eine Untersuchung über Objektverzerrrungen durch Filmverbiegung nur dann eine klare Deutung zuläßt, wenn es sich um ein in seinem Aufbau einfaches Objekt handelt, bediente sich von Reckow 1935 [22]) zum Nachweis von Objektverzerrungen bei verschiedenen Brennfleckabständen eines engmaschigen Drahtnetzes von gleichmäßigem Aufbau. Ein solches Drahtnetz wurde auch meinen Versuchen zu Grunde gelegt und davon auf gebogenen Filmen von 4—5 cm Größe Röntgenbilder angefertigt, die mit der Wiedergabe des selben Netzes jedoch bei Darstellung auf einen plan liegenden Film verglichen wurden. Obgleich es sich bei den mit einem Finger im Munde festgehaltenen Filmen meist um Verbiegungen der Filme bei Prämolaren und Molaren in einer Ebene — in ihrer Höhe — und im Frontzahngebiet jedoch in zwei Ebenen — in ihrer Höhe und Breite — handelt, wurde bei diesen Versuchen, um übersichtliche Bilder zu erhalten, der einfachere Fall gewählt und der Film jeweils nur in einer Ebene und zwar in der Höhe (5 cm) gleichmäßig derart verbogen, daß der Winkel zwischen der Sehne des gekrümmten Filmes und der Tangente an der Filmwölbung 28 Grad betrug (Radius der entsprechenden Kreislinie 5,1 cm). Filmwölbungen von diesem Ausmaß sind nämlich, was die Höhe angeht, bei Aufnahmen im Front-

22) Schrifttum Nr. 38.

zahnbereich und Festhalten der Filme durch einen Finger in den meisten Fällen nicht zu umgehen.

Aufnahmeanordnung:

Objekt und Film waren in einem Winkel von 35 Grad gegeneinander geneigt und so angeordnet, daß die untere Filmkante das Netz berührte und die Winkelhalbierende des Winkels von 35 Grad horizontal verlief. Die Abb. 9 zeigte die Lage von Netz und Film und die Richtung des Zentralstrahles für die Versuche mit planliegenden Filmen. Die Anordnung von Film und Netz für die Versuche mit gebogenen Filmen ist aus der Abb. 10 ersichtlich.

a) planer Film
Brennfleckabstand 15 cm
Abb. 11

b) gebogener Film
Brennfleckabstand 15 cm
Abb. 12

c) planer Film
Brennfleckabstand 35 cm
Abb. 13

d) gebogener Film
Brennfleckabstand 35 cm
Abb. 14

Ergebnis der Untersuchungen:

Bei planem Film und einem Brennfleckabstand von 15 cm (Abb. 11) beginnt an der unteren Bildkante, die mit dem Drahtnetz in unmittelbarer Berührung stand, eine Verzerrung in die Breite. Die Gitterlinien verlaufen vom unteren Rande des Bildes nach oben zu nicht parallel, sondern gehen strahlenförmig auseinander. Mit zunehmender Entfernung zwischen Objekt und Film wird also die Verzerrung in die Breite immer stärker. In der Abbildung 11 findet das seinen Ausdruck in der zahlenmäßigen Verminderung der Teilstriche in der Skala am oberen Bildrand gegenüber dem unteren, das heißt die Verzerrung in der Bildhöhe beschränkt sich auf die obere, objektfernere Bildhälfte.

Bei gebogenem Film und einem Brennfleckabstand von 15 cm (Abb. 12) setzt die Verzerrung in die Breite nicht sofort an der unteren Bildkante ein, sondern erst einige Millimeter von dieser entfernt. Dann aber gehen die einzelnen Gitterlinien nicht nur strahlenförmig auseinander, sie sind dazu noch in sich gekrümmt. Die nicht verzerrte Wiedergabe des Netzes in der unteren Randpartie erklärt sich dadurch, daß der Film infolge seiner Krümmung von der Berührungslinie mit dem Netze aus eine kurze Strecke nahe dem Drahtgitter verläuft, um sich erst dann immer mehr von diesem zu entfernen. (Vergleiche Abb. 10.) Noch deutlicher wird der Unterschied in der Darstellung auf einem planen oder einfach gebogenen Film, wenn die Verzeichnungen in der Höhe auf beiden Abbildungen miteinander verglichen werden.

Auch in dem Falle des gewölbten Filmes (Abb. 12) sind die Verzerrungen in der Höhe auf die obere Bildhälfte beschränkt. Die starke Zunahme der Verzeichnungen in dem objektfernen Bildteil der Abbildung 12 gegenüber der Abbildung 11 ist aber sofort zu erkennen.

Bei planem Film und einem Brennfleckabstand von 35 cm (Abb. 13) zeigt sich eine bei weitem genauere Wiedergabe des Drahtnetzes als bei gebogenem Film und 35 cm Brennfleckabstand (Abb. 14). Die Verzeichnungen in der Breite sind im ersten Fall (Abb. 13) ganz geringfügig; Verzerrungen in der Bildhöhe mit verwaschenen Strukturen fehlen ganz. Demgegenüber sind die weit stärkeren Verzerrungen bei Darstellung auf einen gebogenen Film und einem Brennfleckabstand von 35 cm (Abb. 14) unverkennbar.

Die Ergebnisse der vorstehenden Versuche zusammenfassend kann gesagt werden:

Erfährt ein Film eine Wölbung in der Höhe, so verschlechtern sich damit die Bedingungen zur Darstellung eines Objektes, wie die Abbildungen zeigen, recht erheblich. In den objektfernen Bildteilen wirkt sich der Einfluß einer Filmwölbung am stärksten aus.

Auf die mit einer Biegung des Filmes einhergehenden Nachteile hat von Reckow 1933 [23]) erneut aufmerksam gemacht und darauf hingewiesen, daß die dabei auftretenden Objektverzerrungen bei größerem Brennfleckabstand weniger in Erscheinung treten als bei Nahabstand zahnärztlicher Röntgenapparate. Dieses Verhalten bei Vergrößerung des Brennfleckabstandes wurde vom selben Autor 1935 [25]) durch Drahtnetzaufnahmen auf planen Filmen erhärtet.

Meine Versuchsreihe birgt die Möglichkeit, gleichzeitig nachzuprüfen, ob auch für gebogene Filme die Bedingungen zur Darstellung der Objekte verbessert werden, wenn ein großer Brennfleckabstand gewählt wird.

Aufnahmeanordnung:

Die Anordnung von Objekt und Film ist die gleiche wie in den vorangehenden Versuchen mit gebogenen Filmen (vergl. Abb. 10). Zum unmittelbaren Vergleich der Ergebnisse bei Nah- und Fernabständen habe ich mich wie von Reckow [24]) der Doppelexposition auf einen Film bedient. Abb. 15 zeigt diese Doppelexposition, die zweite Belichtung wurde verkürzt.

23) Schrifttum Nr. 35.
24) Schrifttum Nr. 38.

a) gebogener Film
Brennfleckabstand 15 cm
Abb. 12

b) gebogener Film
Brennfleckabstand 35 cm
Abb. 14

c) gebogener Film
Brennfleckabstand 15 cm
Brennfleckabstand 35 cm

Abb. 15

Verfahren der Auswertung (nach von Reckow):

Zur Darstellung der doppelten Netzstruktur in der Abb. 15 waren die Belichtungszeiten so gewählt, daß der Film bei der zweiten Exposition, die bei einem Brennfleckabstand von 35 cm erfolgte, unterbelichtet wurde. Das Drahtnetz der ersten Exposition bei 15 cm Fokus-Film-Abstand läßt sich daher durch seine stärkere Zeichnung leicht von dem Ergebnis der zweiten Exposition unterscheiden. Bei allen Abbildungen wurden dann die Schnittpunkte der Netzlinien mit den Filmgrenzen an zwei Seiten erfaßt und auf einer Linie bezw. zwischen einer Doppellinie in Form einer Skala abgetragen. Ein Ausmessen des verwendeten Drahtnetzes mit einem Zentimetermaß ergab für 4 cm Netzbreite (entsprechend 4 cm Filmbreite) 25 Gitterlinien; für 5 cm, in der Längsrichtung des Netzes gemessen, wurden 35 Gitterlinien ermittelt.

Ergebnis der Untersuchungen:

Wie schon auf Seite 24 geschildert wurde, zeigt die Wiedergabe des Drahtnetzes auf einen gebogenen Film bei einem Brennfleckabstand von 15 cm (Abb. 12) starke Verzerrungen in Höhe und Breite. Wird der Abstand vergrößert von 15 cm auf 35 cm (Abb. 14), dann tritt die Verzeichnung der Netzstruktur weit weniger in Erscheinung. Die Divergenz der Netzlinien nach dem oberen Bildrande zu (Breitenverzerrung) ist nicht so stark ausgeprägt; eine Durchbiegung der einzelnen Gitterlinien nach den Längsrändern der Abbildung zu ist in der Abb. 14 nur schwach angedeutet. Die Verminderung der Verzerrungen in der Höhe bei großem Brennfleckabstand ist ebenfalls unverkennbar. Deutlicher noch wird der Unterschied in der Wiedergabe des Drahtnetzes bei den Brennfleckabständen von 15 cm und 35 cm in der Doppelaufnahme der Abb. 15. Die Divergenz der schwächeren Längsgitterlinien, die bei 35 cm Brennfleckabstand registriert wurden, bleibt erheblich hinter der gleichen Verzeichnung der bei 15 cm Abstand gewonnenen stärkeren Netzstruktur zurück. Das Zurückbleiben der schwächeren Quergitterlinien gegenüber den stärkeren in der oberen Bildhälfte, wie es auch zahlenmäßig im vertikalen Teil der Randskala zum Ausdruck kommt, und die besonders unscharfe Wiedergabe der Netzlinien bei 15 cm Brennfleckabstand in dem

oberen Teil der Abbildung zeigen, daß durch den großen Brennfleckabstand die Verzerrungen in der Höhe erheblich vermindert werden.

Zusammenfassend läßt sich folgendes sagen:

Durch eine Vergrößerung des Brennfleckabstandes bei Röntgenaufnahmen werden in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von v o n R e c k o w auch die durch eine Krümmung des Filmes bedingten Verzerrungen verringert. Die Abstandsvergrößerung zwischen Objekt und Röhrenfokus reicht nicht aus, den Faktor der Verzerrung infolge Filmwölbung ganz auszugleichen.

Um die Ergebnisse der einzelnen Modellaufnahmen untereinander vergleichen zu können, wurden die Teilstriche der Randskalen ausgezählt und in der folgenden Tabelle niedergelegt:

Filmbreite in cm	Wiedergabe auf planem Film a) nach Abbildung 11 b) nach Abbildung 13			Wiedergabe auf gebogenem Film a) nach Abbildung 12 b) nach Abbildung 14			Wiedergabe unverzerrt (Idealfall) [25]		
	4	4	5	4	4	5	4	4	5
Werte am Bildrand	unten	oben	rechts	unten	oben	rechts	unten	oben	rechts
bei einem Brennfleckabstand									
a) von 15 cm (nach Abb. 11 u. 12)	23	19	29	23	18	23	25	25	35
b) von 35 cm (nach Abb. 13 u. 14)	23	22,5	31	23,5	22	26	25	25	35

In dieser Zusammenstellung bedeutet eine zahlenmäßige Abnahme der Teilstriche eine Zunahme an Verzerrungen. Die Zahl der Teilstriche bei Wiedergabe des Drahtnetzes auf einen planen Film und 35 cm Brennfleckabstand (23; 22,5; 31) entspricht in dieser Tabelle am besten der wahren Zahl der Gitterlinien (25; 25; 35), wie sie durch Ausmessen des Netzes ermittelt wurde. Eine röntgenographische Wiedergabe erfolgt — wie demnach auch die Tabelle zeigt — besser auf einen p l a n e n F i l m b e i v e r g r ö ß e r t e m B r e n n f l e c k a b s t a n d.

2. Studien der Bildverzerrungen am Patienten.

Von den am Patienten gewonnenen Röntgenbildern wurden Abzüge angefertigt und die Bilder mit einer Lupe und einem Nonius auf Verzerrungen hin untersucht. Da die Aufnahmen bei Selbst-Finger-Fixierung und jene bei Anwendung von Filmhaltern unter gleichen Aufnahmedaten aufgenommen wurden, sind die einzelnen Bildpaare ohne Bedenken vergleichbar. Die beiden zu-

25) Idealfall: Theoretische Annahme zum Vergleich. Die Strichzahlen wurden durch Ausmessen des verwendeten Drahtnetzes gewonnen.

sammengehörigen Aufnahmen können jedoch einander nie ganz genau entsprechen, da die Filme einmal der Zahnreihe mit dem Finger angedrückt waren, bei der Wiederholung mit Hilfe des Eresko-Filmhalters aber nicht gewölbt appliziert waren.

Die Betrachtung der feineren Struktur (Spongiosa) mit der Lupe zeigt sofort, ob ein Unterschied in der Wiedergabe bei beiden Abbildungen vorliegt. In der Mehrzahl der Fälle waren aber vorhandene Verzerrungen auch mit dem unbewaffneten Auge wahrnehmbar und konnten mit dem Nonius an der Auseinanderziehung eines Zahnes oder mehrerer Zähne ausgemessen werden. (Siehe Abb. 16 u. 17.)

Bei dem größeren Teil der Aufnahmen (40 Bildpaaren) wurde ein Brennfleckabstand von 35 cm verwendet. Die vergleichende Betrachtung der so gewonnenen Bildpaare zeigt nun, daß bei den mittels eines Fingers fixierten Filmen Verzerrungen in der Höhe oder in der Breite nachgewiesen werden können. Diese Verzeichnungen beschränken sich aber auf die Randpartie der einzelnen Bilder, und nur in wenigen Fällen bedingt die Krümmung des Filmes durch das Andrücken der Filmpackung an die Gaumenwölbung solche starken Verzerrungen, wie sie in der Abb. 16 u. 18 deutlich sichtbar sind. Die Kontrollaufnahmen mit Hilfe des Eresko-Filmhalters (Abb. 17 u. 19) zeigen die unverzerrte Wiedergabe der gleichen Objekte.

Werden die Aufnahmen nun bei auf die Haut aufgesetztem Tubus vorgenommen, also bei einem Brennfleckabstand von 15 bis 20 cm, dann beschränken sich die Verzerrungen, wenn der Film bei seiner Fixierung im Munde eine Krümmung erfuhr, nicht nur auf die Randpartie der Röntgenbilder, sondern fast alle Teile der Abbildungen zeigen Verzerrungen von verschiedener Stärke. In den objektfernen Randbezirken sind die Verzeichnungen in allen Fällen sofort wahrnehmbar; die Schneidekanten, die mit dem Film in unmittelbarer Berührung standen und gewisse Objektivteile, die bei der Belichtung in und nächst dem Hauptstrahl lagen, erscheinen unverzerrt abgebildet.

Die beiden folgenden Bildpaare (Abb. 20 bis 23) wurden bei einem Brennfleckabstand von 15 cm gewonnen. Die Darstellung bei fingerfixierten Filmen (Abb. 20 u. 22) zeigen starke Verzerrungen in die Breite. Die Spongiosa erscheint nach den Längsseiten der Abbildung zu auseinandergezogen; die einzelnen Zähne sind ebenfalls verbreitert wiedergegeben. Die Gebiete um die Sutura inscisiva weisen sowohl in der Abb. 20 als auch in der Abb. 22 keine Verzerrungen auf. Die weit bessere Wiedergabe der gleichen Objekte bei Verwendung des Eresko-Filmhalters ist aus den Kontrollaufnahmen (Abb. 21 u. 23) ersichtlich.

Zur Darstellung der Frontzähne in der Abb. 24 wurde es wieder dem Patienten überlassen, den Film im Munde zu fixieren. Im Gegensatz zu der Abb. 22 betrug der Brennfleckabstand diesmal 35 cm. Die Wölbung der beiden Filmpackungen war demnach zu beiden Aufnahmen die gleiche. Da nun in der Abb. 24 eine weniger verzerrte Darstellung vorliegt als in der Abb. 22, so kann diese bessere Wiedergabe der gleichen Objekte in der Abb. 24 nur durch den vergrößerten Brennfleckabstand bedingt sein. Bei dieser Aufnahmeanordnung ist die Struktur der Knochenbälkchen in der Gegend der Wurzelspitzen von $\frac{21|1}{}$ scharf wiedergegeben. In dem rechten Bilddrittel und nach dem oberen Bildrande zu sind aber bei genauem Vergleich mit der Abb. 23 noch Verzerrungen wahrnehmbar.

Die vergleichende Betrachtung der am Patienten gewonnenen Röntgenbilder zeigt demnach, daß die Fixierung der Filme mittels eines Fingers Krümmungen der Röntgenfilme verursacht, die bei kleinen Brennfleckabständen zu erheblichen Verzerrungen führen. Bei Anwendung eines großen Brennfleckabstandes aber werden die Nachteile einer Filmwölbung teilweise ausgeglichen.

Die Aufnahmen am Patienten bestätigen also die Ergebnisse der Modellversuche und lassen in allen Fällen die bessere Darstellung der Objekte bei der Anwendung eines geeigneten Filmhalters erkennen.

Von einer Untersuchung der Verzerrungen bei den intraoralen Aufnahmen der unteren Frontzähne habe ich abgesehen, weil hier die Möglichkeiten einer Filmkrümmung durch die Selbst-Finger-Fixierung ungefähr den Verhältnissen entsprechen, wie sie für die Abbildung der oberen Frontzähne vorliegen, besonders aber, weil eine sichere Ruhigstellung des Filmes mittels Fingerfixierung nach den Ergebnissen des ersten Teiles dieser Arbeit für den Unterkiefer nicht möglich ist und schon aus diesem Grunde eine bessere Methode gefordert werden muß.

Für die Praxis kann nach den Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchungen gesagt werden:

1. Eine sichere Ruhigstellung des Filmes durch einen Finger des Patienten ist bei den intraoralen Röntgenaufnahmen im Unterkiefer nicht zu erreichen.
2. Auch für den Oberkiefer besteht eine gewisse Unruhe, die durch die Anwendung der Selbst-Finger-Fixierung zu Verwackelungen führen kann.
3. Bei einem Vorgehen nach Ziffer 2 treten bei Oberkieferaufnahmen Wölbungen des Filmes auf, die besonders bei kleinen Fokus-Filmabständen zu starken Verzerrungen führen und einen beträchtlichen Teil der Aufnahmen für eine gewissenhafte Auswertung unbrauchbar machen.

4. Durch die Anwendung eines Filmhalters wird die Ruhigstellung des Filmes weitgehend gesichert. Bei einer solchen Fixierungsmethode sind Verbiegungen des Filmes ohne weiteres zu vermeiden, wenn auf ihre Verhütung von vorn herein Bedacht genommen wird.

Die Anwendung eines Filmhalters bedeutet also eine erhebliche Verbesserung der Aufnahmebedingungen. Die Selbst-Finger-Fixierung muß deshalb sowohl bei den Aufnahmen des Unterkiefers als auch bei den Aufnahmen des Oberkiefers durch die bessere Methode, durch die Fixierung der Filme mittels Filmhaltern, ersetzt werden.

Zusammenfassung:

Zur Herstellung eines optimalen intraoralen Röntgenbildes ist es erforderlich, gewisse Vorbedingungen sorgfältigst zu beachten. Von diesen wurden zwei Punkte herausgegriffen, die in Schrifttum und Praxis nicht gebührend gewürdigt werden:

1. die Forderung nach einer sicheren Ruhigstellung des Filmes während der Belichtung und
2. die Forderung der Vermeidung von Verbiegungen des Filmes bei seiner Applikation und nachfolgenden Fixierung in der Mundhöhle.

Zu 1: In einem Überblick über die Methoden, den Film im Munde zu halten, wurde gezeigt, welcher Wert auf eine sichere Ruhigstellung des Filmes gelegt wird, aber wie verschieden die Anschauungen der Autoren zu der Frage sind, ob man es dem Patienten überlassen soll, den Film während der Belichtung selbst zu fixieren, oder ob der Anwendung eines Filmhalters der Vorzug zu geben sei.

Zur Klärung dieser Frage wurde auf dem Wege der graphischen Registrierung Bewegungen von applizierten Röntgenfilmen bei verschiedenen Haltemethoden am Patienten sichtbar gemacht und gegeneinander verglichen. Das Ergebnis dieser Untersuchungen fiel so offensichtlich zu Ungunsten der Selbst-Finger-Fixierung aus, daß zur Erzielung von optimalen Röntgenbildern im Unterkiefer, aber auch im Oberkiefer bei jugendlichen Patienten die Anwendung von Filmhaltern dringend empfohlen werden muß. Diese Methode der Ruhigstellung eines Filmes setzte die Zahl der Schluckreflexe und ihren Einfluß auf die Größe der Filmbewegungen herab.

Vertiefte Atmung, wie sie von verschiedenen Autoren zur Bekämpfung von auftretendem Brechreiz empfohlen wird, zeigte an Hand der graphischen Registrierung ein solch starkes Zunehmen der Verwackelungsmöglichkeiten für intraorale Aufnahmen, daß selbst die Verwendung eines Filmhalters die Gefahr, unscharfe Bilder zu erhalten, nur unwesentlich herabsetzen konnte.

Zu 2: Der zweite Teil der Arbeit behandelt den weiteren Nachteil der Selbst-Finger-Fixierungsmethode von Zahnfilmen innerhalb der Mundhöhle, nämlich das Auftreten von Verzerrungen im Röntgenbilde durch das Eindrücken des Filmes mit dem haltenden Finger in Wölbungen bezw. Rundungen der aufzunehmenden Kieferpartien.

a) An Hand von Modellversuchen, bei denen ein Drahtnetz auf gebogenen Filmen abgebildet wurde, konnte gezeigt werden, daß eine Krümmung des Filmes in der Wiedergabe der Objekte starke Verzerrungen zur Folge hat und daß selbst ein großer Brennfleckabstand mit annähernder Parallelprojektion die Verzeichnungen — durch eine Biegung des Filmes verursacht — nur beschränkt herabsetzen kann.

b) An Patienten wurden von gleichen Objekten Doppelaufnahmen unter übereinstimmenden Aufnahmedaten angefertigt, die Filme jedoch nach verschiedenen Verfahren in der Mundhöhle festgelegt. Durch diese Untersuchungen konnte das Ergebnis der Modellversuche, welche die weit bessere Wiedergabe der Objekte auf einen planen Film im Gegensatz zur Darstellung auf einen gebogenen Film zeigten, bestätigt werden. Außerdem ergaben diese Untersuchungen am Patienten, daß die Selbst-Finger-Fixierungsmethode erhebliche Verzerrungen im Röntgenbilde zur Folge hat, die durch die Anwendung eines Filmhalters vermieden werden konnten.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dozent Dr. von Reckow für die Überlassung des Themas und die mir gegebenen Anregungen und Ratschläge zu danken. Dem Direktor des Zahnärztlichen Institutes, Herrn Prof. Dr. Fliege, danke ich für die Überlassung des Materials und dem Direktor des Physiologischen Institutes, Herrn Prof. Dr. Dittler, für die Überlassung eines Kymographions und der Mareys'schen Kapseln für die im Zahnärztlichen Institut durchgeführten Untersuchungen.

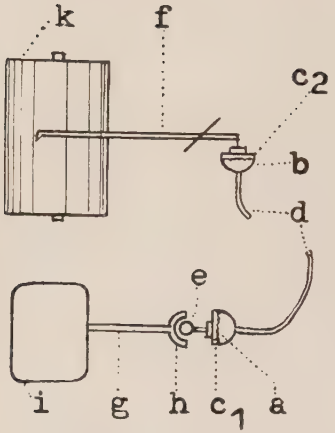


Abb. 1. Schema der zur graphischen Registrierung von Filmbewegungen verwendeten Apparatur.

a) } tellerförmige Schüsselchen
b) }
c1) } Kautschukmembranen
c2) }
d) Gummischlauch
e) Pelotte
f) Schreibhebel
g) stabförmig. Aluminiumfortsatz
h) Näpfchen aus Stentsmasse
i) Röntgenfilm
k) Trommel des Kymographions

Abb. 2 Film mit dem Eresko-Filmhalter fixiert.

Abb. 3 Film mit dem Zeigefinger d. rechten Hand fixiert.

Filmbewegungskurven. Aufgenommen an einem 38jährigen Patienten. Film für das untere Frontzahngebiet appliziert.

Filmbewegungskurven. Aufgenommen an einem 10jährigen Patienten. Film für das untere Zahngebiet appliziert.

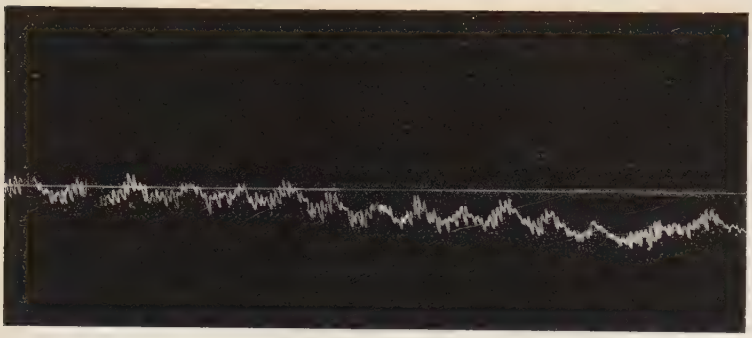


Abb. 4 Film mit dem Eresko-Filmhalter fixiert.

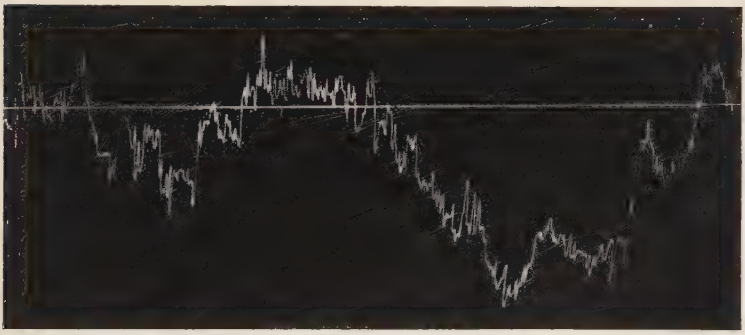


Abb. 5 Film mit dem Zeigefinger der rechten Hand fixiert.

Filmbewegungskurven (Ausschnitte). Aufgen. an einem 8jährigen Patienten. Film im Bereich der unteren Frontzähne angelegt.

Abb. 6 Film mit dem rechten Zeigefinger fixiert.

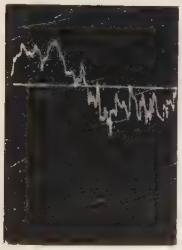


Abb. 7 Film mit dem Eresko-Filmhalter fixiert.

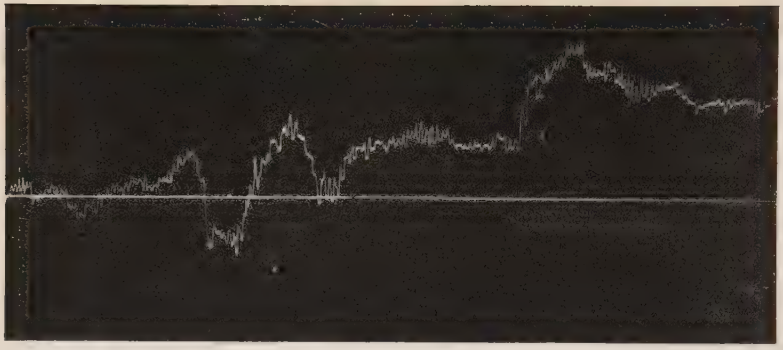


Abb. 8 Filmbewegungskurve bei verschiedenem Verhalten der Atmung. Aufgenommen an einem 28jährigen Patienten. Film im Molarenbereich des linken Oberkiefers angelegt und mit dem Daumen der rechten Hand im Munde fixiert.

a) normale Atemzüge
b. vertiefte Ein- u. Ausatmung
c) verhaltene Atmung
d) normale Atemzüge
e) zusätzliche Einatmung

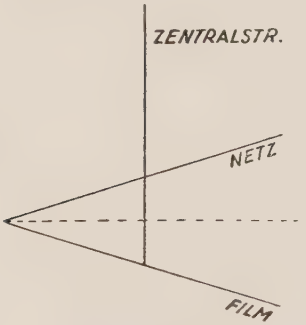


Abb. 9 Aufnahmeanordnung zu den Darstellungen auf planem Film.

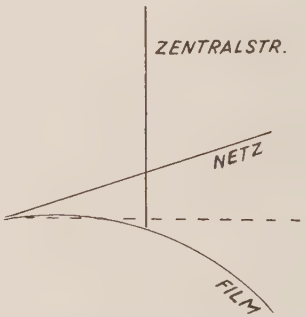


Abb. 10. Aufnahmeanordnung zu den Darstellungen auf gebogenem Eilm,

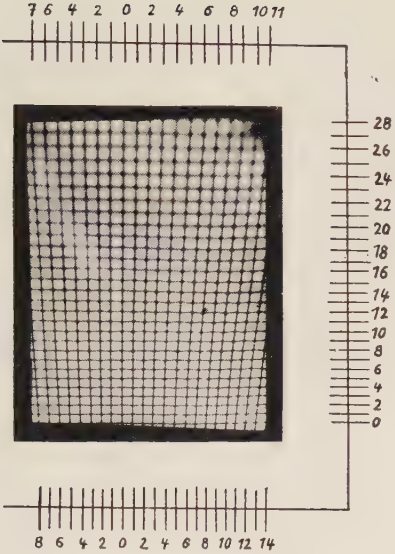


Abb. 11 Drahtnetz-Röntgenaufnahme Exposition auf einem planen Film bei einem Brennfleckabstand von 15 cm

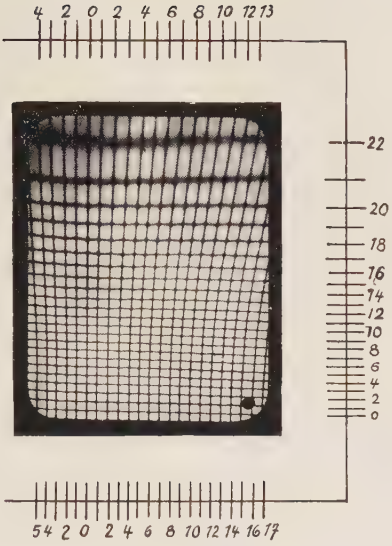


Abb. 12 Drahtnetz-Röntgenaufnahme Exposition bei einem gebogenen Film bei einem Brennfleckabstand von 15 cm

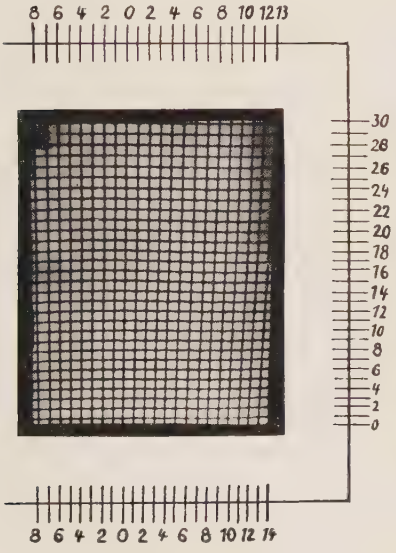


Abb. 13 Drahtnetz-Röntgenaufnahme Exposition auf einem planen Film bei einem Brennfleckabstand von 35 cm

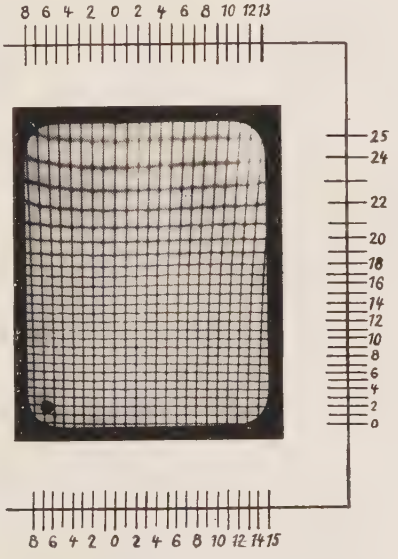


Abb. 14 Drahtnetz-Röntgenaufnahme Exposition auf einem gebogenen Film bei bei einem Brennfleckabstand von 35 cm

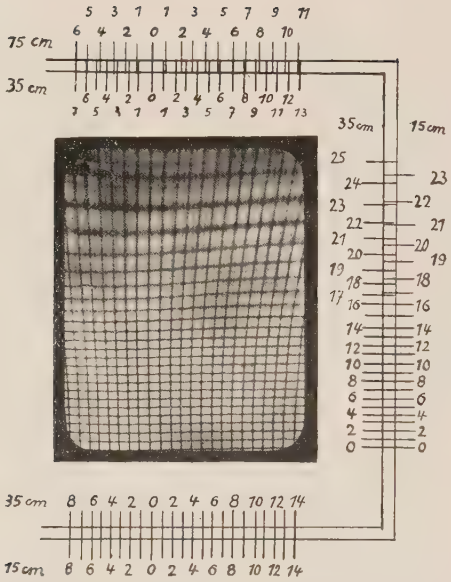


Abb. 15 Drahtnetz-Röntgenaufnahme, Doppelexposition auf gebogenem Film bei Brennfleckabständen von 15 cm (stärkere Netzzeichnung) und 35 cm (schwächere Netzzeichnung)

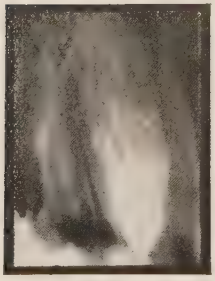


Abb. 16 4 2 | Brennfleckabstand 35 cm Film durch einen Finger des Patienten im Munde fixiert.

Abb. 17 4 2 | Brennfleckabstand 35 cm Film durch einen Ereskofilmhalter im Munde festgelegt.

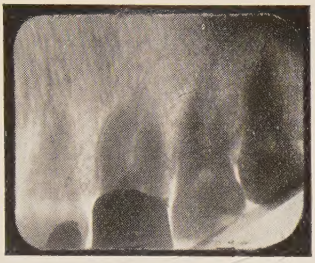


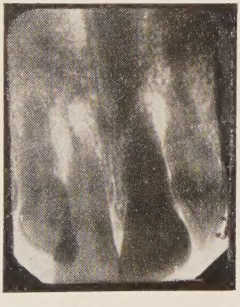
Abb. 18 8 7 6 5 | Brennfleckabstand 35 cm Film durch einen Finger des Patienten im Munde fixiert.

Abb. 19 8 7 6 5 | Brennfleckabstand 35 cm Film durch einen Eresko-Filmhalter im Munde festgelegt.

Abb. 20 1 | 1 2 Brennfleckabstand 15 cm Film durch einen Finger im Munde des Patienten fixiert.

Abb. 21 1 | 1 2 Brennfleckabstand 15 cm Film durch einen Eresko Filmhalter im Munde festgelegt.

Abb. 22 2 1 | 1 3 Brennfleckabstand 15 cm Film durch einen Finger des Patienten fixiert.



Abb, 23 2 1 | 1 3 Brennfleckabstand 15 cm Film durch einen Filmhalter im Munde festgelegt

Abb. 24 2 1 | 1 3 Brennfleckabstand 35 cm Film durch einen Finger d. Patient. i. Munde fixiert

Schriftennachweis

1. Balters: Leitfaden der zahnärztl. Röntgenkunde. Berlin (1925).
2. Blinkenberg: Die Technik der intraoralen Röntgenaufnahmen der Unterkiefer-Zähne. Tandlaegebl. 36 (1932). Ref.: Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilkd. (1933).
3. Blue: Advantages of a Rigid Film Technik in Dental Roentgenography. J. Am. Dent. Ass Nr. 9 (1929).
4. Cieszynski: Verbesserte Modelle von Filmhaltern für Zahnaufnahmen mittels Röntgenstrahlen. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. XII. Jg. Nr. 33 S. 668 (1909).
5. Cieszynski: Zahnärztliche Röntgenologie, Leipzig (1926).
6. Cieszynski: Über die Einstellung der Röntgenstrahlen bei Zahnaufnahmen. Korrespbl. Zahnärzte, XXXVI. Jg., H. 2, S. 158 (1907).
7. Dieck: Anatomie und Pathologie der Zähne und Kiefer im Röntgenbilde unter besonderer Berücksichtigung der Aufnahmetechnik. Fort. a. d. Geb. d. Rönt. Ergänzungsbd. 25, Hamburg (1911).
8. Dorr: Mouth Film-Holder. USA Patent Office1 286 251 (1918).
9. Elander: Filmhalter für das Einstellen der Röntgenstrahlen. Od. Tidskr. (1922) Nr. 3. Ref.: Zahnärztl. Rdsch., XXXII. Jg., Nr. 13/14, S. 110 (1923).
10. Gabriel: Die Technik der Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde, aus: Radiologische Praktika 16, Leipzig (1931); Loos und Gabriel: Die Röntgendiagnose und -Therapie in der Zahnheilkunde.
11. Hauberrisser: Röntgenologie und ihre Fehlgriffe, Fortschritte der Zahnheilkd. I, I. Teil (1925).
12. Hauberrisser: Ein verbesserter Filmhalter für intraorale Röntgenaufnahmen. Zahnärztl. Rdsch., XXV. Jg., Nr. 8, S. 130 (1926).
13. Hauptmeyer: Die Untersuchung der Zähne und Kiefer; aus: Albers/Schönberg Röntgentechnik, 4. Auflage, Hamburg (1913).
14. Hauptmeyer: Die Röntgenenrichtung der Krupp'schen Zahnklinik in Essen. Dtsch. Mschr. Zahnheilkd., XXIV. Jg. (1906).
15. Hecht: Zahnärztliche Röntgentechnik und Diagnostik. Berlin (1933), S. 34, 93.
16. Houser: Dental-Filmholder, USA Patent Office 1 405 217 (1922).
17. Ivy: Interpretation of Dental- and Maxillary Roentgenograms, St. Louis (1923).
18. Kantorowicz: Klinische Zahnheilkunde, Bd.II, Berlin (1932).
19. Leach: nach: Cieszynski, Zahnärztliche Röntgenologie. Leipzig (1926).
20. Leix: Einführung in die zahnärztliche Röntgenologie. München (1923).
21. Lubowski: Elektrizität in der Zahnheilkunde, Od. Bl. Nr. 3/4 (1906).
22. Meyer: Röntgenologie; Port/Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde, 5. Auflage. München (1934).
23. Möller: Neuere Errungenschaft auf dem Gebiete der Röntgendiagnostik u. Strahlentherapie. Zahnärztl. Rdsch., XXX. Jg., Nr. 36 (1921).
24. Münzesheimer: Münzesheimer/Kuppenheim: Leitfaden der systematischen Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde. Berlin (1931).
25. Nestler: The exact Duplikation of Radiographs, Dental Items of Interest, XLIX Vol, Nr. 1 (1927).
26. Palazzi: Röntgenografia, Bd. I der Sammlung zahnärztl. Praktika. Mailand (1934).

27. Parma: Zahnärztliche Röntgendiagnostik. Berlin/Wien (1929).
28. Pfaff: Pfaff und Schönbeck: Kursus der zahnärztlichen Kriegschirurgie und Röntgenkunde II. Leipzig (1916).
29. Pordes: Die radiographische Darstellung der einzelnen Zähne und der Kiefer. Oestr. Zeitschr. f. Stm., H. 8 (1918).
30. Port/Peckert: Über die Röntgenfotografie in der Zahnheilkunde. Dtsch. Zahnhl. i. Vortr., H. 11, Leipzig (1907).
31. Praeger: Richtige intraorale Röntgendiagnostik. Dtsch. Zahnärztl. Wschr., XXXVIII. Jg., Nr. 18, S. 412 (1935).
32. Praeger: Einführung in die zahnärztliche Operationslehre und Röntgendiagnostik. Leipzig (1926).
33. Raper: Rational Radiodontic Technic. The Intern. Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography. IX. Vol., No. 8 (1923).
34. von Reckow: Röntgenstereoskopie und Zahnheilkunde. Dtsch. Zahnheilk. Leipzig 1931/33, Heft 83.
35. von Reckow: Ein bedenklicher Nachteil der neuzeitlichen Röntgenapparate für die Zahnfilmaufnahmen. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 1933, 44, 1047.
36. von Reckow: Die Praxis der stereoskopischen Zahnfilmaufnahmen. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 1933.
37. von Reckow: Über die Bedeutung des Brennfleckabstandes beim intraoralen Röntgenaufnahmeverfahren. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 1934, 27.
38. von Reckow: Zur Wahl des Brennfleckabstandes und über die Abblendung bei intraoralen Röntgenaufnahmen. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 1935, 32, 748.
39. Reinmöller/Burchhart: Die zahnärztliche Röntgenologie. Handbibliothek des Zahnarytes II ,Leipzig (1914).
40. Rona: Ein neuartiger Apparat zur Erleichterung der Zentrierung bei intraoralen Zahnaufnahmen. Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft, Bd. XX, Beiheft zu Bd. XL der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen.
41. Scherbel: Die vestibuläre, intraorale Röntgenaufnahme. Zeitschr. f. Stom., XXVIII. Jg., H. 9 (1930).
42. Schindler: Leitfaden der zahnärztlichen Röntgentechnik. Leipzig (1927).
43. Simpson: The Technic of oral Radiography, The Intern. Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography. IX. Vol. No. 8 (1923).
44. van Woert: zitiert nach Nestler: Dental Items of Interest. XLIX. Vol. No. 1 (1927).

Lebenslauf

Am 4. Juni 1911 wurde ich als Sohn des Gastwirts Christian Bremmer und seiner Ehefrau Ida, geb. Dellsperger, zu Bad Wildungen geboren. Von Ostern 1918 bis zum Frühjahr 1922 besuchte ich die Volksschule zu Bad Wildungen und trat dann in die Städtische Realschule ein. Nach weiteren 9 Schuljahren, von denen ich die 3 letzten am Realgymnasium I in Kassel zubrachte, legte ich im März 1931 die Reifeprüfung ab und widmete mich anschließend dem Studium der Zahnheilkunde an der Universität Marburg. Hier legte ich im August 1932 die zahnärztliche Vorprüfung ab und erhielt am 12. Dezember 1934 die Approbation als Zahnarzt. Als Volontär-Assistent arbeitete ich bis zum Juni 1935 in der Abteilung für konservierende Zahnheilkunde des Zahnärztlichen Institutes der Universität Marburg und führte hier gleichzeitig Versuche für die Dissertation durch. Seit diesem Zeitpunkt habe ich verschiedene Vertretungen übernommen.

Meine akademischen Lehrer waren:
Baumann, Baur, Dittler, Eimer, Fliege, Göppert, Grüneisen, Klapp, Kunzendorf, Loebell, Meerwein, Nauck, Pfannenstiel, von Reckow, Rix, Seidel †, Schubert, Versé und Wiedhopf.